

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Zařízení pro automatické dávkování pelet do kotle rodinného domu

Equipment for automatic giving of pellets into the boiler in the family house

Student:

David Kawulok

Vedoucí Bakalářské práce:

Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2015

## **Poděkování**

Úvodem, bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce, Ing. Milanovi Miholovi. Ph.D., za rady, pomoc a spolupráci. Dále bych chtěl poděkovat rodičům, a celé své rodině za podporu při studiu.

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Kawulok**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2301R013 Robotika**  
Téma: **Zařízení pro automatické dávkování pelet do kotle rodinného domu**  
**Equipment for Automatic Dosing of Pellets into the Boiler in the Family House**

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhněte možné varianty řešení a proveďte jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyznávajícího).

### Seznam doporučené odborné literatury:

1. Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - Části spojovací*. Skripta VŠB-TU Ostrava. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava. Ostrava. 2007. ISBN 978-80-48-1290-8.
2. Moravec V., Havlík J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Skriptum VŠB-TU Ostrava. 2005. 64 s. ISBN 80-248-0878-1.
3. Kaláb K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - Části pohonů strojů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava. Ostrava. 2008. ISBN 978-80-248-1860-3.
4. ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

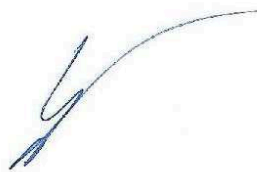
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Míhola, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celý ročníkový projekt včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího ročníkového projektu a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2015.....

**Prohlašuji, že:**

- byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO), má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.11/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů. (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2015



David Kawulok

Adresa trvalého pobytu:

Bukovec, 104

739 85

## **Anotace bakalářské práce**

Kawulok, D. *Zařízení pro automatické dávkování pelet do kotle rodinného domu: bakalářská práce*, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2015, s. Vedoucí práce: Mihola, M.

Bakalářská práce, se zabývá návrhem automatického podavače pelet do kotle rodinného domu. V úvodu práce se budu věnovat zejména zadané problematice. Uvedení možných provedení a druhů vytápění, umístění v rodinném domě, rozměry domu a možné rozměry kotelní, v návaznosti na velikost zařízení. Dalším krokem práce bude rešerše, ve které uvedu různá provedení dopravníků, distribuovaných na trhu. Následovat bude požadavkový list. Údaje v něm uvedeny, budou na základě informací, jež jsou uvedeny v práci. Návrh tří variant řešení, završen hodnotovou analýzou, rozpracování vybrané varianty a technická zpráva, budou završením mé práce. Posledním krokem k dokončení bude výkresová dokumentace dle rad vedoucího práce.

## **Annotation of bachelor thesis**

Kawulok, D. *Equipment for automatic giving of Pellets into the Boiler in the Family House: Bachelor thesis*, Ostrava: VŠB–Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Robotics, 2015, p. Thesis supervisor: Mihola, M.

Bachelor thesis deals with the design of Equipment for automatic giving of pellets into the Boiler in the Family House. In the introduction I will focus mainly on the specified topic. Putting embodiment placement in a family house and boiler room dimensions possible in relation to the size of the stack. The next step will be research work, which will bring different types of conveyers, distributed in the market. Following the wish list. Information contained therein will be based on the information that is presented in the work. The proposal of three alternative solutions, completed value analysis, development of selected variants and technical report will be the culmination of my work. The last step to complete the drawings according to the advice of the thesis supervisor.

## Obsah

1. Úvod	8
2. Seznam použitého značení	9
3. Seznámení s problematikou vytápění peletami a situací pro návrh	11
3.1. Problematika vytápění peletami	11
3.2. Konkrétní situace pro zadání práce	13
4. Rešerše	16
5. Požadavkový list	21
6. Návrh variant řešení	22
6.1. Varianta č. 1. Šnekový dopravník	22
6.2. Varianta č. 2. Pásový dopravník	24
6.3. Varianta č. 3. Samospád s klapou, poháněnou lineárním aktuátorem	26
7. Hodnotová analýza	28
8. Technická zpráva a rozpracování optimální varianty	31
8.1. Technická zpráva	31
8.2. Rozpracování optimální varianty	34
9. Závěr	40
10. Seznam použité literatury a odkazů	41
11. Seznam příloh	42

## 1. Úvod

Pro vytápění rodinného domu, existuje několik různých možností. Základní druhy vytápění jsou například vytápění zemním plynem, elektřinou, tepelným čerpadlem a tuhými palivy (dřevo, černé a hnědé uhlí, pelety).

Náklady na jednotlivá vytápění se často mění. Pro porovnání, bereme-li v potaz roční provoz i s pořizovacími náklady, vychází nejlevněji vytápění tuhými palivy (konkrétně vytápění dřevem). Naopak nejdražší je vytápění zemním plynem.

Nebereme-li v potaz pořizovací náklady, velice obstojně si vede vytápění dřevěnými peletami. Kromě nízké ceny pelet, je zde výhodou automatické vytápění, kterým je trh slušně zaplněn.

Tímto se dostávám k samotné práci, ve které budu vytápění peletami a jejich automatické podávání do kotle řešit.



## 2. Seznam použitého značení

Označení	Jednotka	Popis
$m_{\text{celk}}$	kg	Hmotnost pelet zužitkovaných za rok
$m_5$	kg	Hmotnost pelet zužitkovaných za pět dní
$V_p$	$\text{m}^3$	Objem pelet na pět dní provozu
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Hustota
K	-	Kritéria hodnocení
$m_p$	kg	Maximální požadovaná hmotnost mechanismu
$m_m$	kg	Hmotnost mechanismu
$n_\xi$	-	Počet hlavních komponentů
$n_0$	-	Počet základních výrobních operací
$V_m$	$\text{m}^3$	Objem zásobníku na pelety
$n_p$	-	Počet pohonů mechanismu
q	-	Koeficient významnosti kritéria
p	-	Počet voleb
$Q_v$	$\text{m}^3/\text{h}$	Objemový dopravní výkon
Q	$\text{kg}/\text{h}$	Dopravní výkon
$D_t$	m	Průměr šneku
$\psi$	-	Součinitel plnění
s	m	Stoupání šneku
n	$\text{s}^{-1}$	Otáčky
$c_h$	-	Součinitel snižující dopravované množství
$P_{\text{min}}$	W	Minimální výkon
g	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	Gravitační zrychlení
$l_v$	m	Vodorovná dopravní vzdálenost
l	m	Délka šneku
h	m	Překonávaná výška
$F_a$	N	Axiální síla
$M_k$	N . m	Krouticí moment
$R_s$	m	Účinný poloměr šneku
$\alpha$	°	Úhel stoupání šnekovice
$\varphi$	°	Třecí úhel
a	m	Obvod šnekovice
$F_{a \text{ celk}}$	N	Celková axiální síla
$F_{\text{am}}$	N	Neznámá axiální síla

$F_r$	N	Radiální síla
$L_h$	h	Životnost ložiska
$C_r$	N	Dynamická únosnost ložiska
$V_{\text{měsíc}}$	$m^3$	Objem pelet zužitkovaných za měsíc

### 3. Seznámení s problematikou vytápění peletami a situací pro návrh

#### 3.1. Problematika vytápění peletami

**Pelety [10]:**

- ekologicky ušlechtilé palivo vyráběné především z dřevní a okrajově z rostlinné biomasy
- dodávají se v podobě slisovaných granulí kruhového průřezu
- spalují se ve speciálních automatických kotlích nebo kamnech na pelety



*Obr. 3.1. a) Ukázka jak pelety vypadají.*

Pelety se lisují do tvaru válečků o různých velikostech, v průměru od 6 do 25 mm a délce až do 50 mm.

**Výroba pelet:**

Pelety jsou vyráběny z dřevních zbytků či surovin silným stlačením, které se nazývá peletování. Pro soudržnost dřevěných pelet má kromě vysokého tlaku význam také obsah ligninu ve dřevě, další přídatné směsi, pojiva nebo lepidel se nepoužívají. Peletováním vzniká biopalivo s vysokou energetickou hustotou, tepelnou výhřevností a výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, které umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi.

**Cena:**

Ceny dřevěných pelet se u nás pohybují okolo 5500 Kč/t. Tato cena se pohybuje nahoru dolů okolo této hranice podle toho, jakou má vybraný druh pelet výhřevnost. Výhřevnost se udává v MJ/kg. Obvyklá výhřevnost pelet je zhruba 16-19 MJ/kg.

### **Kotle spalující pelety [6]:**



*Obr. 3.1. b) Ukázka klasického kotle na pelety.*

Kdo chce vytápět peletami, musí investovat desítky tisíc do nového kotle. Vynaložené peníze se vrátí nejpozději do pěti let (jak uvádí výrobci automatických kotlů). Nejen že pelety jsou levnější než jiná paliva, ale nový kotel má také mnohem vyšší účinnost. Pro mnohé je navíc investice do budoucna nevyhnutelná. Novela Zákona o ochraně ovzduší povoluje do budoucna pouze kotle 3. nebo vyšší emisní třídy a na rozdíl od většiny uhelných kotlů, všechny automatické kotle na pelety tato kritéria splňují.

Jak výkonný kotel bude potřeba, záleží především na typu budovy. U rodinných domů bude obvykle stačit 15–25 kW, ale kotle na pelety s přehledem zvládnou i větší budovy.

Vysoká účinnost okolo 90 % je velikou výhodou všech peletových kotlů. To znamená, že při spalování menšího množství paliva získáme více tepla, a tak například oproti uhelným kotlům s účinností 60 % spotřebujeme pelet o třetinu méně. Abychom ale dosáhli uvedené účinnosti a zároveň nízké spotřeby, měl by být kotel zatěžován plným výkonem, kdy je spalování nejefektivnější.

Čím lepší tedy bude kotel i palivo, tím víc nakonec v provozu ušetříme. Počítejte s tím, že kvalitní kotel neseženete levněji než za 30 tisíc korun.

Kotelnu je možné naprojektovat prakticky v jakémkoli domě. Je dobré věnovat pozornost rozměrům kotle a dopředu si naplánovat způsob zásobování. Nejvhodnější možností je u nás nyní bezesporu speciální cisternová doprava společnosti CDP.cz, která kdykoliv během roku přijede a nafouká pelety do zásobníku propojeného s kotlem (viz. řešerše).

### 3.2. Konkrétní situace pro zadání práce

**Základní rozměry a informace o rodinném domě [9]:**



*Obr. 3.2. a) Vytápěný rodinný dům.*

Rodinný dům, který budeme vytápět, má tři podlaží. První podlaží je sklep, který je neobytný a je v něm umístěna kotelna a místnost, pro uskladnění paliva.

Druhé podlaží je obytné. Nachází se zde obývací pokoj, kuchyň, koupelna a toaleta. V obývacím pokoji a kuchyni, jsou pod okny umístěny radiátory. V koupelně a na toaletě je zabudováno podlahové vytápění.

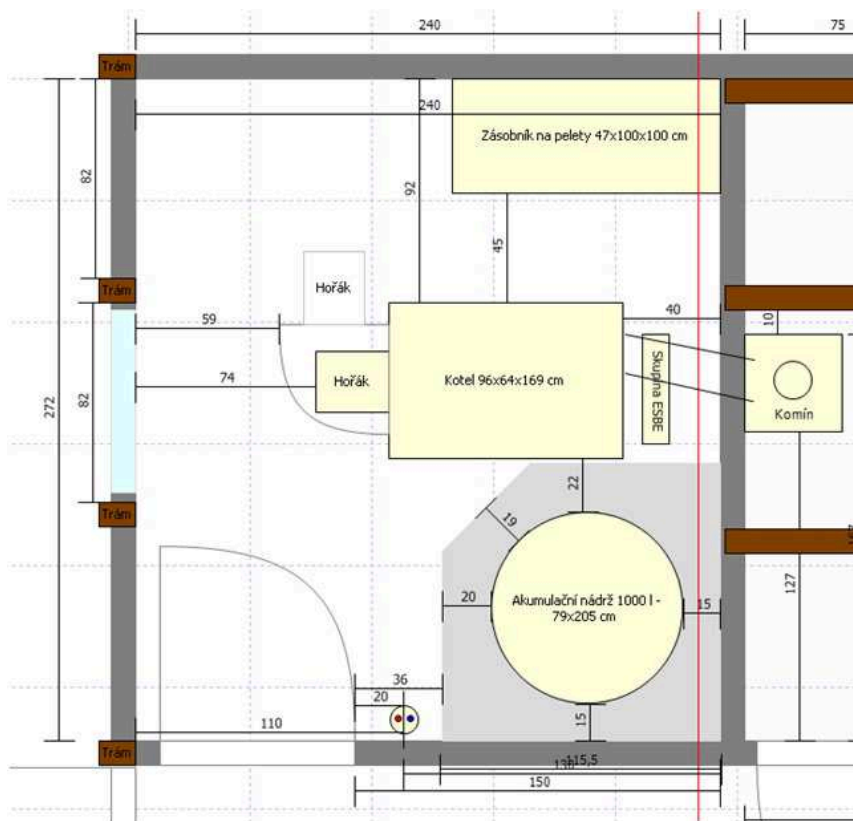
Třetí podlaží je podkrovní a rovněž obytné, nachází se zde dvě ložnice. Radiátor je umístěn pod střešními okny.

Půdorys domu má rozměry 10m x 15m. Celková výška domu je 9m, přičemž sklep je zapuštěn do země. Vzdálenost základové desky po zemský povrch je 180cm a vzdálenost od základové desky po strop sklepu je 230cm.

Celková vytápěná plocha je 300m<sup>2</sup>.

### Základní rozměry a informace o kotelně [5] [9]:

Výška kotelny je 2,3m. Podchodná minimální výška 2,1m (ve dveřích). Minimální vzdálenost kotle od stěny je 400mm a nejmenší průchodná šířka 740mm. Šířka kotelny je 240mm a délka je 272mm. Tyto rozměry odpovídají předepsaným rozměrům pro kotelny.



Obr. 3.2. b) Rozměry kotelny a možné odpovídající uspořádání.

## Kotel [6]:

Kotel, pro který budeme navrhovat automatický podavač má rozměry 96 x 64 x 169cm.



Obr. 3.2. c) Univerzální kotel ATHMOS DCxxSP.

Výhodou tohoto kotle je jeho univerzálnost spalování. Můžeme v něm topit peletami, ale i kusovým dřívím bez jakékoliv přestavby. Kotel je bez automatického podavače, ale je zde možnost připojení podavače. Automatický podavač pelet budu navrhovat přímo pro tento kotel.

Výkonový rozsah tohoto kotle je 4,5 až 35 kW. Roční spotřeba pelet na 1 kW je 520kg pelet. Bereme li v potaz nejvyšší hodnotu výkonového rozsahu kotle  $P=35\text{kW}$ . Roční spotřeba pelet je [11]:

$$m_{\text{celk}} = 35 \cdot 520 = 18200\text{kg}$$

Z 5. Dní provozu:

$$m_5 = \frac{18200 \cdot 5}{365} = 249,32\text{kg}$$

Je-li hustota pelety  $1000\text{kg/m}^3$  objem pelet spotřebovaných za 5 dní je:

$$V_p = \frac{m_5}{\rho} = \frac{249,32}{1000} = 0,249\text{m}^3$$

## 4. Rešerše

### Automatické podavače na trhu [6]:

Nejčastěji distribuované podavače na trhu, fungují na základě šnekového dopravníku. Šnek bere pelety ze zásobníku a rotačním pohybem je posouvá směrem ke kotli, kde probíhá proces spalování. Cena těchto automatických kotlů se pohybuje nejčastěji od 30 000Kč výš. Záleží na vytápěné ploše.



*Obr. 4. a) Šnek umístěn vodorovně zásobník umístěn vedle kotle.*

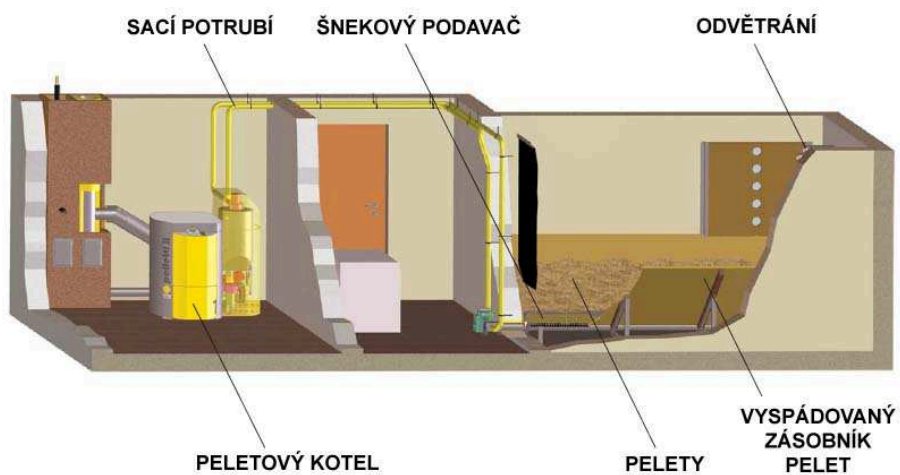


*Obr. 4. b) Detailní pohled na vodorovný podavač, bez kotle a zásobníku.*





Obr. 4. c) Podavač s nakloněným šnekovým dopravníkem zásobník vedle kotle.



Obr. 4. d) Schéma kdy jako zásobník používáme celou místnost.



Obr. 4. e) Zásobník umístěn za kotlem (variabilita umístění zásobníku).

## **Pelety [10]:**

Ekologické palivo dodávané ve tvarech válečků, o průměrech od 6 do 25mm. Vyrábí se lisováním pilin a pojiva pod vysokým tlakem. Topné pelety jsou u nás běžně dostupné a jejich cena se pohybuje mezi 5000-7000 Kč.



*Obr. 4. f) Topné pelety.*



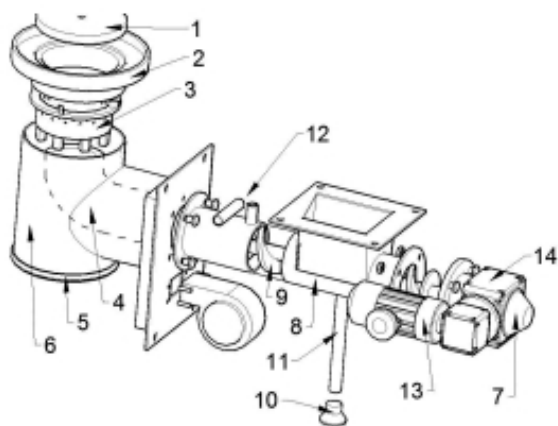
*Obr. 4. g) Pelety běžně koupíme v takovýchto silonových pytlích.*



*Obr. 4. h) Specializovaná dodávka pelet kamionem až do domu.*

### **Pohony podavače [12]:**

Šnekové podavače dostupné na trhu jsou ve všech případech, se kterými jsem se na webu setkal, poháněny elektromotorem s převodovkou. Tyto motory a převodovky se prodávají jako celky a dodávají je zejména Německé firmy. Tyto celky se vyznačují vysokým točivým momentem a nízkými otáčkami. Převodovky jsou zejména čelní, ploché či kuželočelní. Jedním z předních dodavatelů je firma Nord s.r.o.



*Obr. 4. i) Pohon v kombinaci s převodovkou vidíme pod pozicemi 7, 13, 14.*



*Obr. 4. j) Celek elektromotoru a převodovky, připevněný na šnekový podavač.*



*Obr. 4. k) Kombinace s čelní převodovkou. [4]*



*Obr. 4. l) Kombinace s plochou převodovkou. [4]*



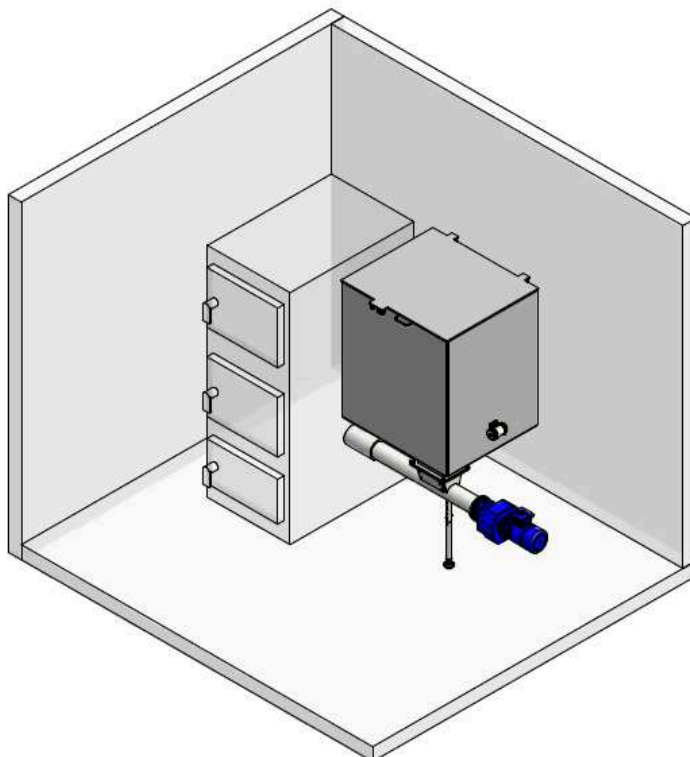
*Obr. 4. m) Kombinace s kuželocelní převodovkou[4]*

## **5. Požadavkový list**

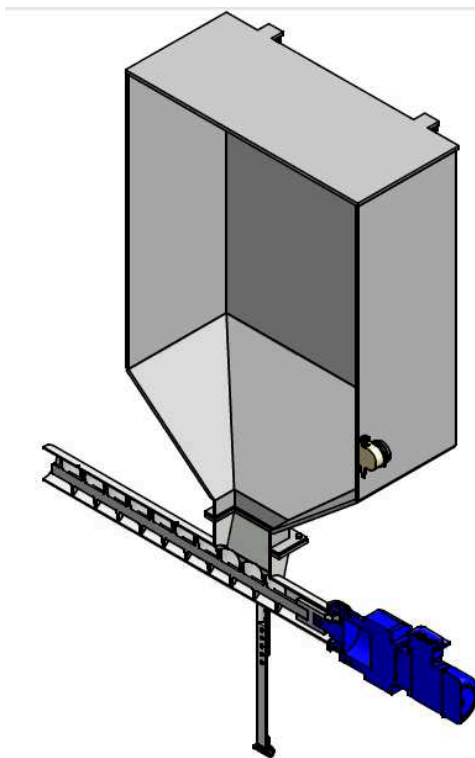
1. Dodržení požadavků na rozměry kotelny- šířka kotelny 2.5m, délka 3.5m výška 3m.  
Minimální průchodná vzdálenost od podavače 740mm. Minimální vzdálenost zařízení od stěny 400mm.
2. Místnost pro skladování pelet má stejné rozměry, zajistit množství uskladněných pelet na 3 měsíce vytápění (přizpůsobit dávkování a zohlednit max. výkon vytápění)
3. Dodržet maximální hmotnost podavače 550kg.
4. Velikost zásobníku minimálně na pět dní provozu.
5. Klást důraz na konstrukční řešení zabránění průniku procesu spalování do zásobníku na pelety.
6. Konstrukční řešení dobrého přístupu k problematickým místům podavače, z důvodu efektivního odstranění závady (zaseknutí pelet v podavači či zásobníku, vytipovat kritická místa)
7. Velikost průměru podávané pelety 8mm.
8. U kupovaných a normalizovaných komponentů, provést cenový průzkum. Zohlednit cenu a kvalitu, nabízeného produktu.
9. Zakrytování pohyblivých prvků mechanismu.

## 6. Návrh variant řešení

### 6.1. Varianta č. 1. Šnekový dopravník



*Obr. 6.1.a) Šnekový dopravník, se zásobníkem a pohonem, zabudován do kotelny.*



*Obr. 6.1.b) Šnekový dopravník v řezu.*

První varianta řešení funguje na principu šnekového dopravníku. Pelety jsou umístěny v zásobníku, z kterého se gravitační silou dostávají do šneku. Dopravník je poháněn elektromotorem s převodovkou, a tímto se pelety dostávají do kotle, kde dochází k procesu hoření.

Zásobník je vyroben z tabulí plechu, které jsou k sobě svařeny. Tento zásobník je připojen ke žlabu přírubou a šrouby. Mezi přírubami je teplu vzdorné těsnění. Samotný šnek je svařenec. Pohon s převodovkou a vibrátor, jsou objednávanými komponenty.

O vhánění vzduchu do zařízení se stará ventilátor, který je součástí kotle. Proto musí být celý systém vzduchotěsný.

[4] Použitý šnek má největší délku 900mm a největší průměr 92mm. Je použit tří-fázový klecový indukční elektromotor s výkonem 2,5kW (po technické zprávě se může změnit). Použitá převodovka je čelní, jednostupňová, s požadovaným výstupním kroutícím momentem a otáčkami. Její převodový poměr je  $i=15,19$ . Zásobník je opatřen průmyslovým vibrátorem, který slouží k uvolnění pelet, při jejich zaseknutí v zásobníku, či při vytvoření nežádoucí klenby z pelet.

Systém je doplněn průmyslovým vibrátorem, který má za úkol uvolňovat zaseknuté pelety v zásobníku. [13]

Normalizované komponenty mechanismu jsou šrouby matice a podložky.

#### **Další důležité parametry mechanismu:**

**Hmotnost mechanismu-** 404,4kg

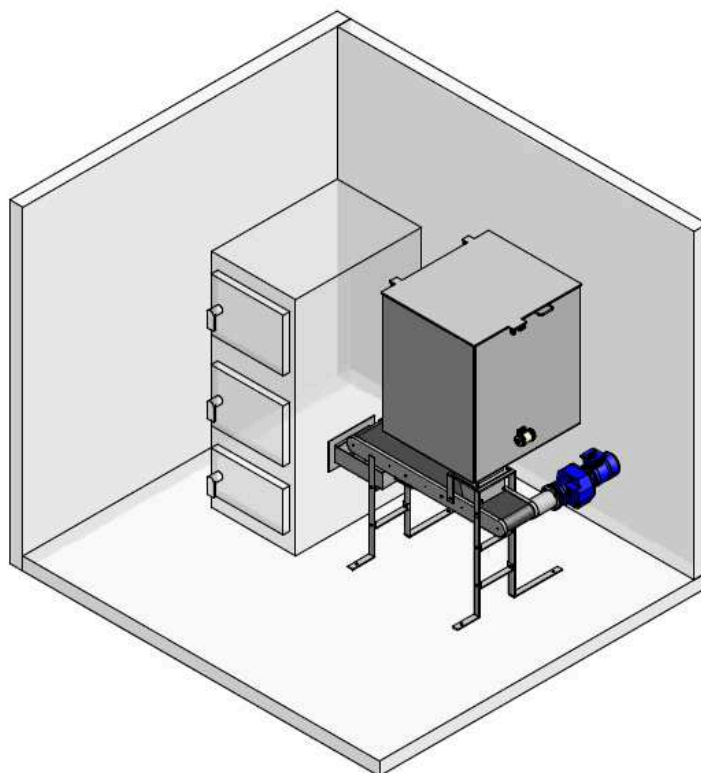
**Počet hlavních komponentů-** 9 (Svařenec jako jeden komponent. Šrouby, matice, podložky, závlačky, čepy nepočítáme)

**Počet výrobních operací na hlavních komponentech-** 8

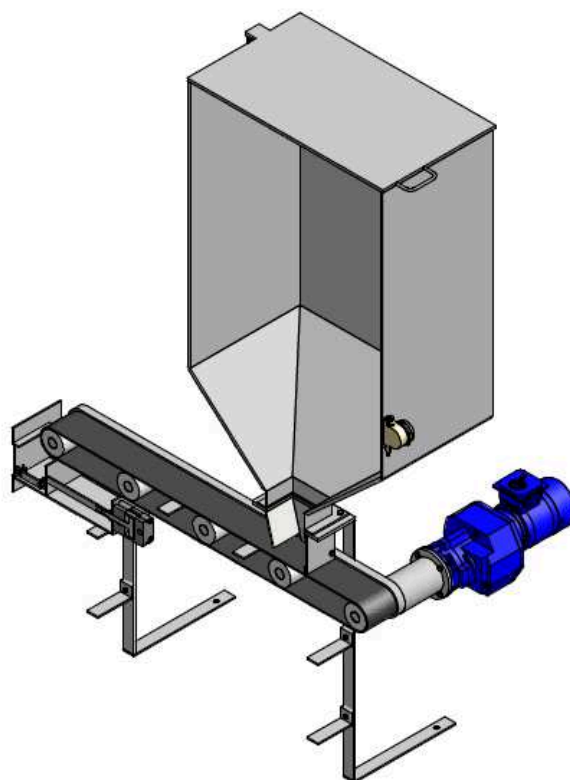
**Objem zásobníku na pelety-**  $0.545\text{m}^3$

**Počet pohonů-** 2 (pohon dopravníku, průmyslový vibrátor)

## 6.2. Varianta č. 2. Pásový dopravník



*Obr. 6.2.a) Navržená varianta na principu pásového dopravníku a pneu. posouvání pelet.*



*Obr. 6.2.b) Pásový dopravník v řezu.*



Pelety nasypané do zásobníku, se posouvají dolů směrem k pásovému dopravníku. Pelety padají na pás dopravníku, odkud putují směrem ke kotli. Pelety se z pásu dostávají do pneumatického podavače pelet do kotle.

Pelety jsou tlačeny pneumatickým písem do kotle a procházejí do něj přes klapu. Tato klapa, se otevírá a zavírá podle toho, jak se pohybuje hydraulický píst. Tlačí-li píst pelety do kotle, klapa se otevírá. Vracející se píst klapu zavírá a zabraňuje hoření mimo kotel.

Pelety se sypou do hořáku z hora, nikoli jako u šnekového dopravníku, kdy jsou pelety tlačeny do hořáku spodem. Rozdíl v kotli je ten, že je v něm umístěný zmiňovaný hořák pro přikládání pelet z hora.

Základní komponenty tvoří zásobník, který je svařen z tabulí plechu.

Válečky, pás a rám pásového dopravníku. V dopravníku je umístěno 5 válečků o průměru 80mm a pás o délce 2514mm.

Pneumatický podavač pelet do kotle s táhlem a klapou. Zdvih pneumatického pohonu je 120mm.

[4] Motor a převodovka pohánějící samotný dopravník. Je použit tří-fázový klecový indukční elektromotor s výkonem 2,5kW (po technické zprávě se mohou parametry změnit). Použitá převodovka je čelní, jednostupňová, s požadovaným výstupním kroutícím momentem a otáčkami. Její převodový poměr je  $i=15,19$ .

Systém je doplněn průmyslovým vibrátorem, který má za úkol uvolňovat zaseknuté pelety v zásobníku. [13]

#### **Další důležité parametry mechanismu:**

**Hmotnost mechanismu-** 515.2kg

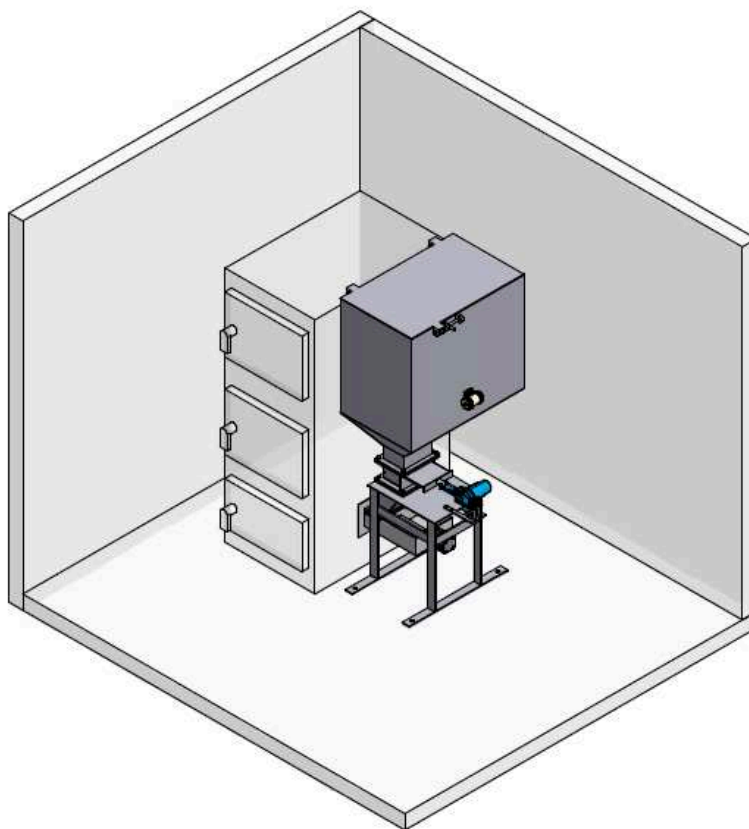
**Počet hlavních komponentů-** 18 (Svařenec jako jeden komponent. Šrouby, matice, podložky, závlačky, čepy nepočítáme)

**Počet výrobních operací na hlavních komponentech-** 17

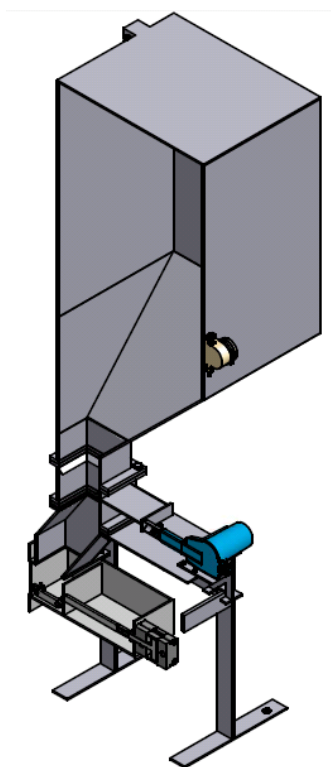
**Objem zásobníku na pelety-**  $0,546\text{m}^3$

**Počet pohonů-**3 (pohon dopravníku, pneumatický podavač, průmyslový vibrátor)

### 6.3. Varianta č. 3. Samospád s klapou, poháněnou lineárním aktuátorem



*Obr. 6.3.a) Celková sestava třetí varianty řešení.*



*Obr. 6.3.b) Celková sestava třetí varianty řešení v řez*

Pelety nasypané do zásobníku, se posouvají dolů, směrem ke klapě, která je ovládaná lineárním aktuátorem. Klapa se otevře a pelety padají dolů, do pneumatického podavače pelet do kotle.

Pelety jsou tlačeny pneumatickým písem do kotle a procházejí do něj přes klapu. Tato klapa, se otevírá a zavírá podle toho, jak se pohybuje hydraulický píst. Tlačí-li píst pelety do kotle, klapa se otevírá. Vracející se píst klapu zavírá a zabraňuje hoření mimo kotel.

Pelety se sypou do hořáku z hora, nikoli jako u šnekového dopravníku, kdy jsou pelety tlačeny do hořáku spodem. Rozdíl v kotli je ten, že je v něm umístěný zmiňovaný hořák pro přikládání pelet z hora.

Základní komponenty tvoří zásobník, který je svařen z tabulí plechu.

[15] Lineární aktuátor, je propojen s klapou táhlem. Klapa se pohybuje ve svařenci krčku s pojezdem, přes který se sypou pelety k hydraulickému podavači. Maximální rychlost aktuátoru je 13mm/s. Maximální síla aktuátoru v tahu je 4000N a v tlaku 6000N

Pneumatický podavač pelet do kotle s táhlem a klapou. Zdvih pneumatického pohonu je 120mm.

Systém je doplněn průmyslovým vibrátorem, který má za úkol uvolňovat zaseknuté pelety v zásobníku. [13]

#### **Další důležité parametry mechanismu:**

**Hmotnost mechanismu-** 189.3kg

**Počet hlavních komponentů-** 14 (Svařenec jako jeden komponent. Šrouby, matice, podložky, závlačky, čepy nepočítáme)

**Počet výrobních operací na hlavních komponentech-** 13

**Objem zásobníku na pelety-** 0,355 m<sup>3</sup>

**Počet pohonů-**3 (lineární aktuátor, pneumatický podavač, průmyslový vibrátor)

## 7. Hodnotová analýza

### Kritéria hodnocení:

$$K_1 - \text{hmotnost, } K_1 = \frac{1}{\frac{m_m}{m_p} + 1}$$

$m_p$ =maximální požadovaná hmotnost mechanismu 550kg

$m_m$ =hmotnost mechanismu  $m_{m1}=406,4\text{kg}$ ,  $m_{m2}=515,2$ ,  $m_{m3}=189,3$

$$K_2 - \text{technologičnost konstrukce, } K_2 = \frac{n_{\xi}}{n_o}$$

$n_{\xi}$ =počet hlavních komponentů mechanismu  $n_{\xi1}=9$ ,  $n_{\xi2}=18$ ,  $n_{\xi3}=14$

$n_o$ =počet základních výrobních operací na každém hlavním komponentu

$n_{o1}=20$ ,  $n_{o2}=44$ ,  $n_{o3}=39$

$$K_3 - \text{velikost zásobníku, } K_3 = \frac{V_m}{V_m + V_p}$$

$V_m$ =objem zásobníku na pelety  $V_{m1}=0,545\text{m}^3$ ,  $V_{m2}=0,546\text{m}^3$ ,  $V_{m3}=0,355\text{m}^3$

$V_p$ =požadovaný objem zásobníku na pelety. Pro 5 dní provozu minimálně  $0,249\text{m}^3$ .

$$K_4 - \text{množství pohonů, } K_4 = \frac{1}{n_p + 1}$$

$n_p$ =počet pohonů v mechanismu  $n_{p1}=2$ ,  $n_{p2}=3$ ,  $n_{p3}=3$

$$K_5 - \text{počet hlavních komponentů v mechanismu, } K_5 = \frac{1}{n_{\xi}}$$

$n_{\xi}$ =počet hlavních komponentů v mechanismu

### Přiřazení hodnoty počtu voleb p, 0 (méně důležité) až 5 (více důležité):

Koeficient p vzniká porovnáváním jednotlivých kritérií mezi sebou.

### Určení koeficientu významnosti (čím větší číslo, tím významnější):

$$\text{Určení koeficientu q: } q = \frac{1}{4}p + 1$$

Varianta č. 1.						
Porovnávané varianty				Počet voleb	Pořadí	Významnost
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	2	3	1,5
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	1	4	1,25
	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
		<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	3	2	1,75
		<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
			<b>K<sub>4</sub></b>	4	1	2
			<b>K<sub>5</sub></b>	0	5	1

Tab. 7 a) Určování významnosti.

Varianta č. 2.						
Porovnávané varianty				Počet voleb	Pořadí	Významnost
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	2	3-4	1,5
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	0	5	1
	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
		<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	3	1-2	1,75
		<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
			<b>K<sub>4</sub></b>	3	1-2	1,75
			<b>K<sub>5</sub></b>	2	3-4	1,5

Tab. 7 b) Určování významnosti.

Varianta č. 3.						
Porovnávané varianty				Počet voleb	Pořadí	Významnost
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	<b>K<sub>1</sub></b>	2	3	1,5
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	<b>K<sub>2</sub></b>	1	4	1,25
	<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
		<b>K<sub>3</sub></b>	<b>K<sub>3</sub></b>	4	1	2
		<b>K<sub>4</sub></b>	<b>K<sub>5</sub></b>			
			<b>K<sub>4</sub></b>	3	2	1,75
			<b>K<sub>5</sub></b>	0	5	1

Tab. 7 c) Určování významnosti.

Určení celkové významnosti				
	Var. 1.	Var. 2.	Var. 3.	Celkově
<b>K<sub>1</sub></b>	1,5	1,5	1,5	<b>1,5</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	1,25	1	1,25	<b>1,17</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	1,75	1,75	2	<b>1,83</b>
<b>K<sub>4</sub></b>	2	1,75	1,83	<b>1,83</b>
<b>K<sub>5</sub></b>	1	1,5	1	<b>1,17</b>

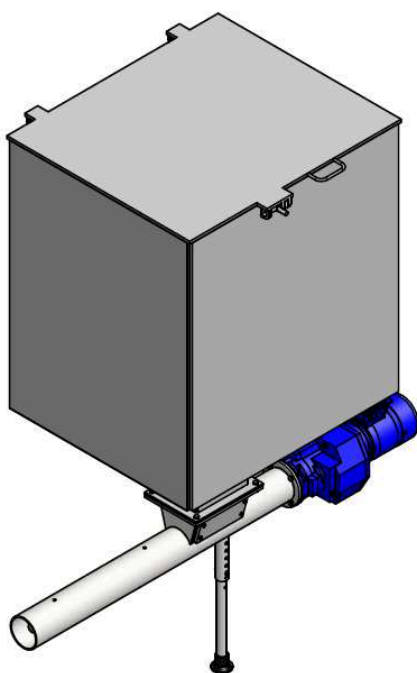
Tab. 7 d) Určení celkové významnosti jednotlivých kritérií.

Varianta č. 1.				Varianta č. 2.			Varianta č. 3.		
	K	q	K x q	K	q	K x q	K	q	K x q
<b>K<sub>1</sub></b>	0,58	1,5	<b>0,87</b>	0,52	1,5	<b>0,78</b>	0,74	1,5	<b>1,11</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	0,45	1,17	<b>0,53</b>	0,41	1,17	<b>0,48</b>	0,36	1,17	<b>0,42</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	0,69	1,83	<b>1,26</b>	0,69	1,83	<b>1,26</b>	0,59	1,83	<b>1,08</b>
<b>K<sub>4</sub></b>	0,33	1,83	<b>0,6</b>	0,25	1,83	<b>0,46</b>	0,25	1,83	<b>0,46</b>
<b>K<sub>5</sub></b>	0,11	1,17	<b>0,13</b>	0,06	1,17	<b>0,07</b>	0,07	1,17	<b>0,08</b>
<b>Celkově</b>			<b>Σ=3,39</b>			<b>Σ=3,05</b>			<b>Σ=3,15</b>

Tab. 7 e) Tabulka určující celkové výsledky hodnotové analýzy.

### Vyhodnocení:

Jako neoptimálnější řešení, na základě hodnotové analýzy, vzešla varianta č. 1. Šnekový dopravník, s celkovým koeficientem 3,39. Tato varianta zbylé dostatečně převýšila, a proto považuji analýzu za úspěšnou.



Obr. 7. a) Optimální varianta č. 1.

## 8. Technická zpráva a rozpracování optimální varianty

### 8.1. Technická zpráva

Výpočet objemového dopravního výkonu [1]:

$$Q_v = \frac{Q}{\gamma} = \frac{2,08}{650} = 0,0032 \text{ m}^3/h$$

Výpočet dopravního výkonu:

$$Q = \frac{m_5}{5 \cdot 24} = \frac{249,32}{5 \cdot 24} = 2,08 \text{ kg/h}$$

Výpočet průměru šnekovice [1]:

$$Q_v = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D_t^2}{4} \cdot s \cdot \Psi \cdot n \cdot c_h \Rightarrow \text{Odvození } D_t$$

$$D_t = \sqrt[3]{\frac{Q_v}{720 \cdot \pi \cdot \Psi \cdot n \cdot c_h}} = \sqrt[3]{\frac{0,0032}{720 \cdot \pi \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1}} = 0,0168 \text{ m} = 16,8 \text{ mm}$$

$16,8 \text{ mm} < 92 \text{ mm}$  Vyhovuje. Z konstrukčních důvodů volím průměr šneku 92mm

Výpočet stoupání šnekovice:

$$s = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 92 = 73,6 \text{ mm}$$

Výpočet výkonu elektromotoru [1]:

$$P_{min} = \frac{Q \cdot g}{3600} \cdot (l_v \cdot w \mp h) = \frac{2,08 \cdot 9,81}{3600} \cdot (0,9 \cdot 3) = 0,015 \text{ W}$$

$$l_v = \sqrt[2]{l^2 - h^2} = \sqrt[2]{0,9^2 - 0^2} = 0,9$$

Z konstrukčních důvodů volím elektromotor o výkonu 2 kW. Vypočtená velikost pohonu je příliš malá proto volím větší motor.

Výpočet axiální síly [1]:

$$F_a = \frac{M_k}{R_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = \frac{318,31}{0,034 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ 19' + 21^\circ 26')} = 14375,1 \text{ N}$$

Výpočet kroutícího momentu:

$$M_k = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot 1} = 318,31 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Výpočet účinného poloměru:

$$R_s = (0,35 \div 0,4) \cdot D = 0,37 \cdot 0,092 = 0,034 \text{ m}$$

Výpočet úhlu stoupání šnekovice:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{a} = \frac{0,0736}{0,3} = 0,245$$

$$\alpha = 15^\circ 19'$$

Výpočet obvodu šnekovice:

$$a = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,092}{2} = 0,3 \text{ m}$$

Výpočet třecího úhlu:

$$\varphi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} f_m = \operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,35 = 21^\circ 26'$$

**Výpočet celkové axiální síly [1]:**

$$F_{a \text{ celk}} = F_a + F_{am} = 14375,1 + 19,17 = 14394,3 \text{ N}$$

$$F_{am} = m_{\text{celk}} \cdot g \cdot \sin \alpha = 8,2 \cdot 9,81 \cdot \sin 15^\circ 19' = 19,17 \text{ N}$$

**Výpočet radiální síly [1]:**

$$F_r = m_{\text{celk}} \cdot g \cdot \cos \alpha = 8,2 \cdot 9,81 \cdot \cos 15^\circ 19' = 78,13 \text{ N}$$

**Výpočet životnosti ložiska [1]:**

Volím radiálně axiální soudečkové ložisko firmy ZKL. Označení ložiska 22206EW33JQ. [14]

$$L_h = \left( \frac{C_r}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left( \frac{68000}{46114,1} \right)^{3,33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1} = 60\,748,7 \text{ hodin}$$

$$P = 0,67 \cdot F_r + Y_2 \cdot F_{a \text{ celk}} = 0,67 \cdot 78,13 + 3,2 \cdot 14394,3 = 46114,1 \text{ N}$$



Poměr mezi axiální a radiální silou:

$$\frac{F_{a\ celk.}}{F_r} = \frac{14394,3}{78,13} = 184,2$$

Parametry ložiska:

$$C_r = 68000\ N$$

$$F_{a\ celk} = 14394,3\ N$$

$$F_r = 78,13\ N$$

$$n = 1\ ot/s$$

$$e = 0,31$$

$$Y_1 = 2,2$$

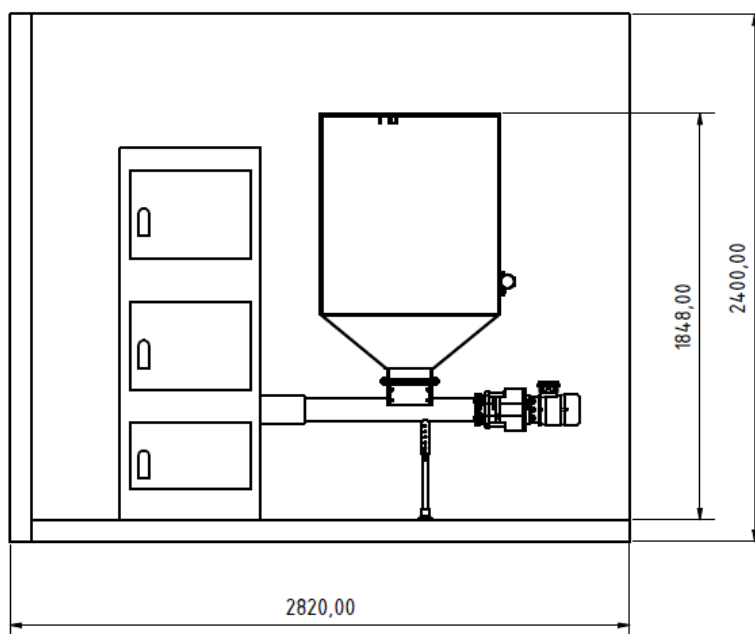
$$Y_2 = 3,2$$

$$p = 3,33$$

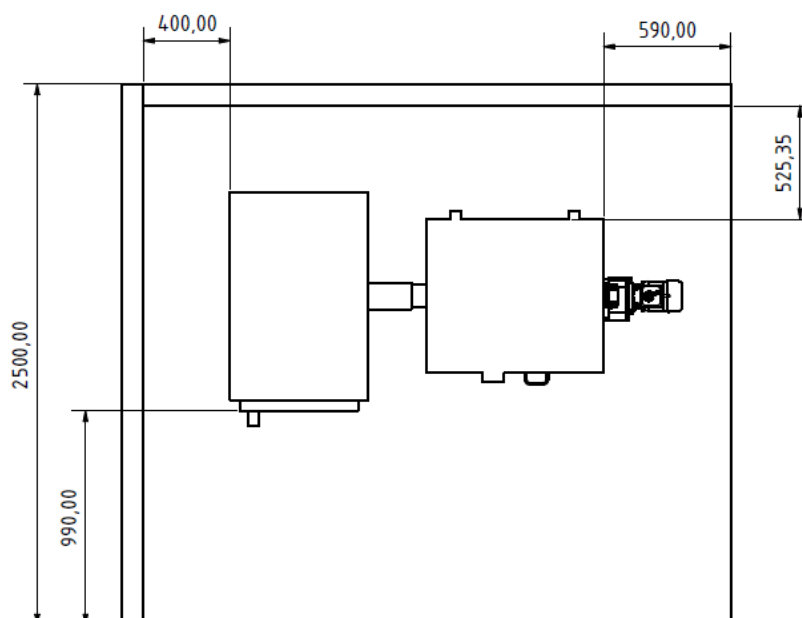
## 8.2. Rozpracování optimální varianty

### Dodržení rozměrů kotelný:

Dodržení dovolených rozměrů umístění podavače v kotelně demonstruje následující obrázek. Dovolené rozměry viz. požadavkový list. Tento požadavek je splněn.



Obr. 8.2. a) Situace podavače a kotle v kotelně.



Obr. 8.2. b) Situace podavače a kotle v kotelně.

**Místnost pro uskladnění pelet:**

Místnost pro uskladnění pelet, má stejné rozměry jako kotelna. Výška je 3m, šířka 2,5m a délka 3,5m. Na 5 dní provozu budeme potřebovat  $0,249m^3$  pelet viz. zadání volba kotle.

Požadované množství pelet uskladněných v místnosti je na jeden měsíc. Bereme v potaz, že měsíc má 31 dnů.

Objem pelet spotřebovaných za měsíc:

$$V_{\text{měsíc}} = \frac{V_p \cdot 31}{5} = \frac{0,249 \cdot 31}{5} = 1,54 m^3$$

Objem místnosti pro uskladnění:

$$3 \cdot 2,5 \cdot 3,5 = 26,5m^3$$

$$1,54m^3 < 26,5m^3$$

Požadavek je splněn.

**Dodržení požadované hmotnosti:**

Požadovaná hmotnost mechanismu je 550kg. Skutečná hmotnost mechanismu je 406,4kg.

$$550kg > 406,4kg$$

Požadavek je splněn.

**Dodržení velikosti zásobníku na 5 dní provozu:**

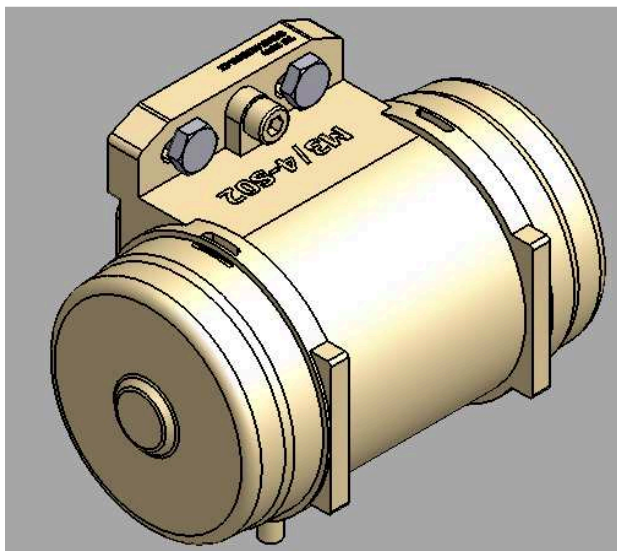
Na 5 dní provozu potřebujeme  $0,294m^3$  pelet. Skutečný objem zásobníku je  $0,545m^3$ .

$$0,294m^3 < 0,545m^3$$

Požadavek je splněn.

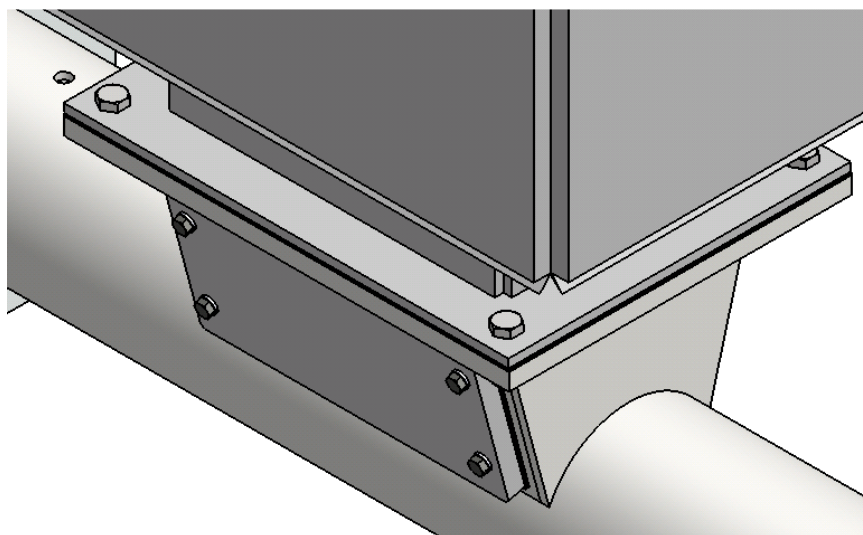
### **Přístup k zaseknutým peletám a opatření proti zaseknutí [13]:**

Zasekávání pelet zejména vzniká při jejich posunu ze zásobníku do dopravníku. Pelety před vstupem do dopravníku vytvoří tzv. klenbu a jejich posun směrem ke šneku se zastaví. Jako opatření proti tomuto jevu jsem zvolil průmyslový vibrátor firmy VIBROS typ M3/4-S02.



*Obr. 8.2. c) Průmyslový vibrátor.*

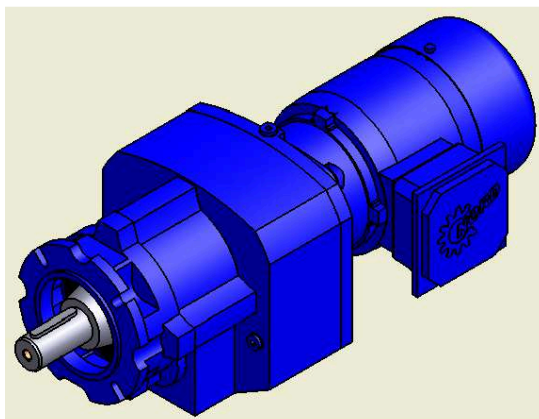
Pokud by k odstranění závady nepomohl vibrátor, budeme ji muset odstranit manuálně, po odmontování krytu.



*Obr. 8.2. d) Kryt mezi zásobníkem a dopravníkem.*

### **Kupované komponenty [4]:**

Prvními kupovanými komponenty jsou motor a převodovka. Použili jsme tří-fázový klecový indukční elektromotor, s výkonem 2kW. Použitá převodovka je čelní, jednostupňová, s požadovaným výstupním, kroutícím momentem a otáčkami. Její převodový poměr je  $i=15,19$ . Motor a převodovka jsou dodány jako komplet od firmy NORD.



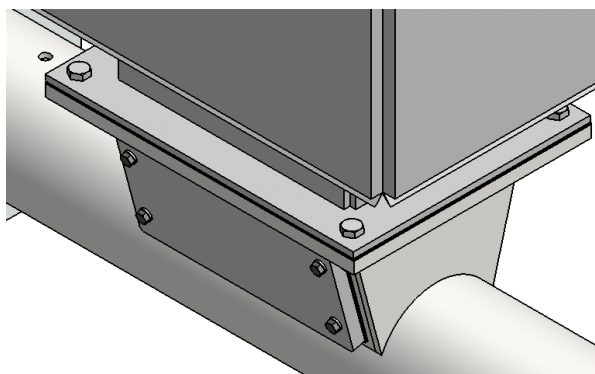
*Obr. 8.2. e) Motor a převodovka firmy NORD.*

Dalším kupovaným komponentem je průmyslový vibrátor VIBROS typ M3/4-S02.

### **Opatření proti prohoření do dopravníku, zakrytování pohyblivých částí mechanismu a utěsnění:**

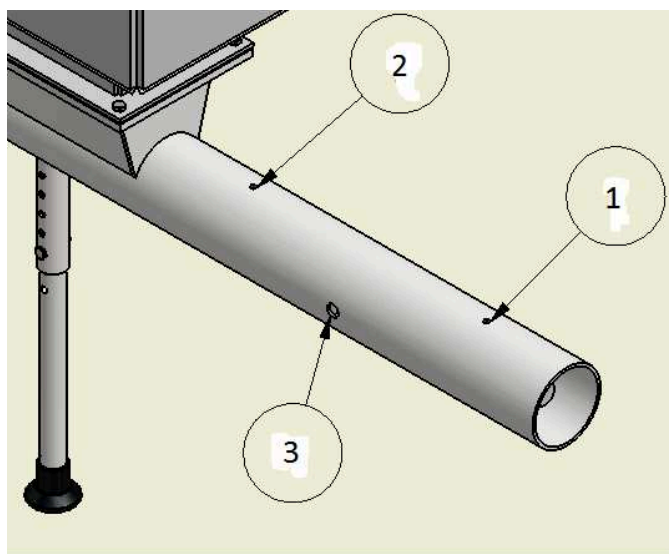
Co se týče zakrytování pohyblivých částí mechanismu, řešit nic nemusíme. K žádným pohyblivým částem není přístup.

Zastavení procesu hoření v kotli, způsobuje zastavení dodávky vzduchu do kotle. Abychom zabránili prohoření do mechanismu, musí být podavač vzduchotěsně izolován. Proto na všechny příruby a spoje umístíme žáruvzdorné těsnění od firmy krby turbo.



*Obr. 8.2. f) Ve spojích mezi přírubami, či krytem vidíme černé žáruvzdorné těsnění*

Pokud by se stalo, že by přece jen došlo k prohoření do podavače, je šnekovnice opatřena otvory pro teplotní čidla a přívod vody. Přesáhne-li teplota na obou čidlech hodnotu 300°C, šnekový dopravník zalije voda.



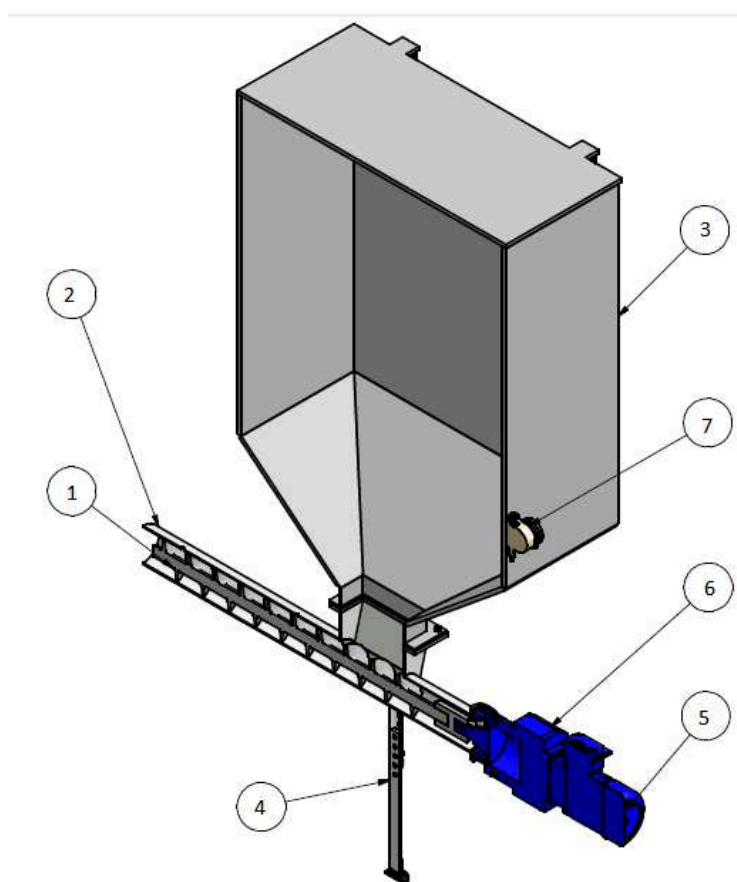
*Obr. 8.2. f) Otvory pro teplotní čidla a přívod vody.*

1- Otvor pro teplotní čidlo 1

2- Otvor pro teplotní číslo 2

3- Otvor pro přívod vody

### Celkový popis zařízení:



*Obr. 8.2. f) Obrázek šnekového dopravníku pro popis.*

- 1- Šnek
- 2- Žlab pro vedení šneku
- 3- Zásobník na pelety
- 4- Teleskopická noha
- 5- Elektromotor firmy NORD
- 6- Převodovka firmy NORD
- 7- Průmyslový vibrátor firmy VIBROS

Detailnější popis mechanismu viz. sestavný výkres (VŠB-2-0001-15). V příloze je také uveden montážní postup.

## 9. Závěr

Na začátku práce, jsem provedl rozbor problematiky, týkající se zadaného tématu. Další postup práce byla rešerše, ve které byl proveden průzkum trhu a druhů podavačů, které si může každý s nás pořídit.

Byl sestaven požadavkový list, ve kterém jsem uvedl parametry a nároky na navržené varianty.

Dalším krokem práce, bylo navržení tří variant řešení. Prvním návrhem byl šnekový dopravník, druhým pásový dopravník a třetím samospádový systém s lineárním aktuátorem.

Po provedení hodnotové analýzy, jsem zjistil, že nejvýhodnějším řešením je návrh číslo 1. Šnekový dopravník.

V dalším rozpracování, jsem vypracoval technickou zprávu, ve které jsem se zabýval výpočtem průměru šneku, návrhem pohonu a výpočtem životnosti ložisek.

Na závěr jsem vypracoval tři výkresy. Výkres sestavení, výkres svařence šneku a výkres svařence žlabu pro vedení šneku.

Hlavním přínosem práce pro mě, bylo zdokonalení se v 3D modelování a dověděl jsem se spoustu zajímavých věcí, v problematice vytápění peletami.



## 10. Seznam použité literatury a odkazů

- [1] Teorie dopravních a manipulačních zařízení, Doc. Ing. Jaroslav Gajdůšek, Csc., Ing. Miroslav Škopán, Csc.,. Ediční středisko VUT Brno.
- [2] Strojnické tabulky, Jan, Pavel Leinveber, Vávra. Vydavatelství Albra.
- [3] Technické kreslení, Jaroslav Kletečka, Petr Fořt.
- [4] [https://www.nord.com/cms/cz/product\\_catalogue/geared\\_motors/geared-motors\\_detail\\_1527.jsp](https://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/geared_motors/geared-motors_detail_1527.jsp)
- [5] [file:///C:/Users/David/Downloads/kotelna\\_zasady%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/David/Downloads/kotelna_zasady%20(1).pdf)
- [6] <http://www.ekoscroll.cz/?a=2014-04-15-11-41-47-automaticky-kotle-v-7-plus.html>
- [7] <http://www.avytapeni.cz/Article.aspx/Rubric/5>
- [8] <http://kotelna.eblog.cz/wp-content/uploads/eblog.cz/kotelna/projekt.jpg>
- [9] [http://www.technicke-normy-csn.cz/nosnost-podlah-kg-m2\\_3\\_DP01a.html](http://www.technicke-normy-csn.cz/nosnost-podlah-kg-m2_3_DP01a.html)
- [10] <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/pelety/>
- [11] <http://www.tzb-info.cz/5117-kotelny-s-kotli-na-drevo-a-pelety>
- [12] [https://www.google.cz/search?newwindow=1&hl=cs&biw=1366&bih=643&site=imghp&tbm=isch&sa=1&q=pohon+automatick%C3%A9ho+kotle&oq=pohon+automatick%C3%A9ho+kotle&gs\\_l=img.3...649448.655626.0.655808.25.25.0.0.0.0.212.2470.11j10j1.22.0.msedr...0...1c.1.61.img..16.9.1234.W18HCdacmCw#imgdii=\\_&imgsrc=yBgoVF7YKd-WSM%253A%3Bg6oGKMx7j3HHiM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ekoscroll.cz%252Fimages%252Fretortovy\\_horak.png%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ekoscroll.cz%252F%253Fa%253D2014-04-15-11-41-47-automaticky-kotle-v-7-plus.html%3B800%3B323](https://www.google.cz/search?newwindow=1&hl=cs&biw=1366&bih=643&site=imghp&tbm=isch&sa=1&q=pohon+automatick%C3%A9ho+kotle&oq=pohon+automatick%C3%A9ho+kotle&gs_l=img.3...649448.655626.0.655808.25.25.0.0.0.0.212.2470.11j10j1.22.0.msedr...0...1c.1.61.img..16.9.1234.W18HCdacmCw#imgdii=_&imgsrc=yBgoVF7YKd-WSM%253A%3Bg6oGKMx7j3HHiM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ekoscroll.cz%252Fimages%252Fretortovy_horak.png%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.ekoscroll.cz%252F%253Fa%253D2014-04-15-11-41-47-automaticky-kotle-v-7-plus.html%3B800%3B323)
- [13] <http://www.vibros.cz/prilozne-vibratory/micro/>
- [14] <http://www.zkl.cz/cs/cat/2013/drsrb/22206ew33j>
- [15] <http://www.linak.cz/products/linear-actuators.aspx?product=LA27C>

## **11. Seznam příloh**

- 1- Sestavní výkres šnekového dopravníku VŠB-2-0001-15
- 2- Výkres svařence šneku VŠB-2-0002-15
- 3- Výkres svařence žlabu pro vedení šneku VŠB-2-0003-15
- 4- Záznam o závěrečné práci